



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05129886 A**(43) Date of publication of application: **25 . 05 . 93**

(51) Int. Cl.

H03H 9/72
H03H 9/25(21) Application number: **03289933**(22) Date of filing: **06 . 11 . 91**(71) Applicant: **CANON INC**(72) Inventor: **EGARA KOUICHI**
MOCHIZUKI NORIHIRO
NAKAMURA KENJI(54) **SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT**

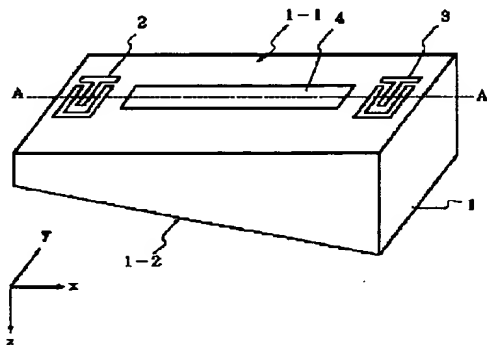
to the 1st face 1-1.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

PURPOSE: To extract an output signal with high S/N by tilting the rear side of a substrate of the surface acoustic wave element at a specific angle so as to cancel a bulk wave signal reflected in the rear side and made incident in the different position of an output electrode or a surface acoustic wave guide path formed on the front side of the substrate.

CONSTITUTION: This element consists of 1st and 2nd input electrodes 2, 3 stimulating 1st and 2nd surface acoustic waves and an output electrode 4 formed on the 1st face 1-1 of a substrate 1 and extracting a signal caused by the inter- action of the 1st and the 2nd surface acoustic waves. At least part of a 2nd face 1-2 opposite to the 1st face 1-1 is formed to be a face tilted with respect to the 1st face 1-1 in a prescribed direction, and the relation of equation $L \approx 3\lambda B / \sin 2\theta$; is satisfied, where L is a length of the output electrode 4 in a prescribed direction, λB is the wavelength of a bulk wave generated by the inter-action of the 1st and the 2nd surface acoustic waves and θ is the tilt angle of the 2nd face 1-2 opposite



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-129886

(43)公開日 平成5年(1993)5月25日

(51)Int.Cl.⁵

H03H 9/72

9/25

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

7259-5J

D 7259-5J

C 7259-5J

審査請求 未請求 請求項の数8(全13頁)

(21)出願番号

特願平3-289933

(22)出願日

平成3年(1991)11月6日

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 江柄 光一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内

(72)発明者 望月 規弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内

(72)発明者 中村 憲司

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内

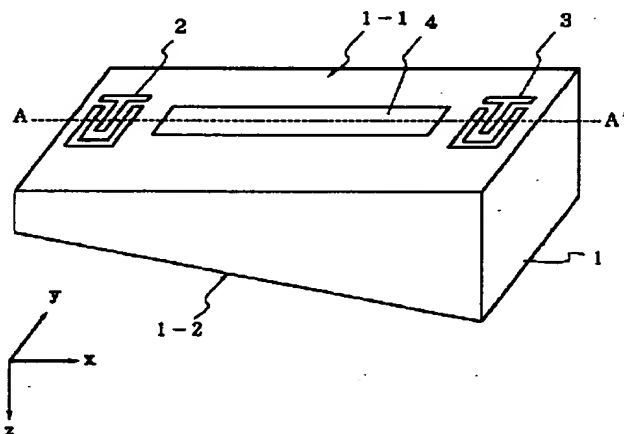
(74)代理人 弁理士 丸島 儀一

(54)【発明の名称】 弾性表面波素子

(57)【要約】

【目的】 弾性表面波素子の基板裏面を所定の条件を満たす角度に傾斜させることによって、この裏面で反射され基板表面に形成された出力電極または弾性表面波導波路の異なる位置に入射するバルク波による信号を相殺させて、高いSN比で出力信号を取り出せるようにする。

【構成】 基板の弾性表面波が伝搬される第1の面に対向する第2の面の少なくとも一部を角度 θ で所定方向に傾斜した面とし、バルク波の波長を λ_B 、所定方向に沿った出力電極または導波路が形成された領域の長さを L としたときに、条件式 $L \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta$ を満足するように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電性基板と、該基板の第1の面に形成され、各々第1及び第2の弾性表面波を励振する第1及び第2の入力電極と、前記基板の第1の面に形成され、前記第1及び第2の弾性表面波の相互作用によって生じた信号を取り出す出力電極とから成り、前記第1の面に対向する基板の第2の面の少なくとも一部を、第1の面に対して所定方向に沿って傾斜した面とした弾性表面波素子において、前記出力電極の所定方向の長さを L 、第1及び第2の弾性表面波の相互作用によって発生するバルク波の波長を λ_B 、第1の面に対する第2の面の傾斜角を θ としたときに、条件式 $L \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta$ を満足することを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項2】 前記基板の第2の面が、第1及び第2の弾性表面波の伝搬方向に平行な方向に沿って傾斜した請求項1の弾性表面波素子。

【請求項3】 前記基板の第2の面が、第1及び第2の弾性表面波の伝搬方向と直交する方向に沿って傾斜した請求項1の弾性表面波素子。

【請求項4】 前記基板の第2の面が、互いに反対の傾斜を持った2つの面から構成された請求項1の弾性表面波素子。

【請求項5】 圧電性基板と、該基板の第1の面に形成され、各々第1及び第2の弾性表面波を励振する第1及び第2の入力電極と、前記基板の第1の面に形成され、前記第1及び第2の弾性表面波を互いに反対向きに伝搬させて、これらの弾性表面波の相互作用によって生じた第3の表面弾性波を励振する複数の導波路とから成る弾性表面波素子において、前記第1の面に対向する基板の第2の面の少なくとも一部を、第1の面に対して所定方向に沿って傾斜した面とし、前記導波路が形成された領域の所定方向の長さを L 、第1及び第2の弾性表面波の相互作用によって発生するバルク波の波長を λ_B 、第1の面に対する第2の面の傾斜角を θ としたときに、条件式 $L \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta$ を満足することを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項6】 前記基板の第2の面が、第1及び第2の弾性表面波の伝搬方向に平行な方向に沿って傾斜した請求項1の弾性表面波素子。

【請求項7】 前記基板の第2の面が、第1及び第2の弾性表面波の伝搬方向と直交する方向に沿って傾斜した請求項1の弾性表面波素子。

【請求項8】 前記基板の第2の面が、互いに反対の傾斜を持った2つの面から構成された請求項1の弾性表面波素子。

【発明の詳細な説明】

$$S(t) = Ke^{2j\omega t} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} F(t - \frac{X}{V}) \cdot G(t + \frac{X}{V}) \cdot dx \quad \dots (1)$$

で表わされる信号として取出される。ここで、積分範囲

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、圧電性基板上で2つの弾性表面波を互いに反対方向に伝搬させ、基板の物理的非線形効果を利用して、これらの弾性表面波の相互作用によって生じた信号を取り出すようにした弾性表面波素子に関する。

【0002】

【従来の技術】弾性表面波素子は、スペクトラム拡散通信を行なうにあたってのキーデバイスとして、近年、その重要性が増大しつつある。また、実時間信号処理デバイスとしての応用も多く、盛んに研究されている。

【0003】このような弾性表面波素子としては、図20に示すような弾性表面波コンボルバが知られている。この素子は、Yカット（Z伝搬）ニオブ酸リチウムなどの圧電性基板11上に櫛型入力電極12、13及び出力電極14を設けることによって構成されている。入力電極12、13に電気信号が入力されると、圧電性基板11に弾性表面波が励振され、これが出力電極14でコンボリューション信号として取り出される。

【0004】これらの電極は通常、アルミニウムなどの導電性材料を用いて、フォトリソグラフィーによるパターンニングによって形成される。

【0005】このような弾性表面波コンボルバを用いて、コンボリューション出力を取り出す場合には、まず、櫛型入力電極12、13に各々、搬送角周波数 ω の2つの信号を入力し、これらの電気信号を弾性表面波信号に変換する。そして、これらの弾性表面波を、圧電体基板11の表面で互いに反対方向に伝搬させ、基板の物理的非線形効果を利用して、出力電極14より搬送角周波数 2ω のコンボリューション信号をとりだす。

【0006】すなわち、2つの弾性表面波を

【0007】

【外1】

$$F(t - \frac{X}{V})e^{j(kx + \omega t)}, G(t + \frac{X}{V})e^{j(-kx + \omega t)}$$

とすると、基板上にはこの基板の非線形効果により、その積である

【0008】

【外2】

$$F(t - \frac{X}{V})e \cdot G(t + \frac{X}{V})e^{2j\omega t}$$

の表面波が発生する。この信号は、一様な出力電極を設けることにより、電極領域内で積分され、相互作用領域長を1とすると、

【0009】

【外3】

は相互作用長が信号長より大きい時実質上 $\pm\infty$ としてよ

く、
【0010】
【外4】

$$\tau = (t - \frac{X}{V})$$

$$S(t) = -VK_e^{2i\omega t} \int_{-\infty}^{\infty} F(t) \cdot G(2t - \tau) \cdot d\tau \quad \dots(2)$$

となり、前記信号は2つの弾性表面波のコンボリューションとなる。

【0012】このようなコンボリューションのメカニズムは、例えば「柴山、「弾性表面波の応用」テレビジョン、30 457 (1976)」などに詳述されている。

【0013】一方、上述のように基板表面を2つの表面波が互いに反対方向に伝搬するとき、基板の物理的非線形効果により、基板表面に垂直な方向に進行する搬送角周波数 2ω のバルク波が発生することが、ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス (Journal of Applied Physics) 第49巻、第12号、第5924～5927頁、1978年に記載されている。

【0014】このようなバルク波は、基板11の裏面で反射し、再び基板11の表面へもどってきて、一部は出力電極14より取出される。更に一部は、基板11の表面で反射し、基板裏面方向へ伝搬し、再び裏面で反射してもどってくる。

【0015】このように、基板の裏面方向へ発生したバルク波は裏面で何度も反射をくり返し、その反射波の信号は出力電極14よりとりだされるため、コンボリューション信号に悪影響をおよぼしていた。

【0016】一方、上述のようなバルク面の基板裏面での反射による影響を抑える為に、基板を弾性表面波の伝搬方向にテーパ状となるように形成した弾性表面波素子が、アプライド・フィジックス・レターズ (Applied Physics Letters) 第15巻、第9号、第300～302頁、1969年において提案されている。

【0017】このような従来の素子の例を図21に示す。図21において図20と同一の部材には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0018】図21の素子において、圧電性基板15は、弾性表面波の伝搬方向に沿って、その厚さが変化している。

【0019】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例のテーパ角度では、基板の裏面で反射したバルク波が出力電極で電気信号として取り出されてしまうために、コンボリューション信号を高いSN比で取り出すことができなかった。

【0020】本発明の目的は、基板の裏面で反射された

とすると、(1)式は

【0011】
【外5】

バルク波が、出力信号にほとんど影響しない弾性表面波素子を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明の上記目的は、圧電性基板と、該基板の第1の面に形成され、各々第1及び第2の弾性表面波を励振する第1及び第2の入力電極と、前記基板の第1の面に形成され、前記第1及び第2の弾性表面波の相互作用によって生じた信号を取り出す出力電極とから成り、前記第1の面に対向する基板の第2の面の少なくとも一部を、第1の面に対して所定方向に沿って傾斜した面とした弾性表面波素子において、前記出力電極の所定方向の長さを L 、第1及び第2の弾性表面波の相互作用によって発生するバルク波の波長を λ_B 、第1の面に対する第2の面の傾斜角を θ としたときに、条件式 $L \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta$ を満足するように構成することによって達成される。

【0022】また本発明は、第1及び第2の弾性表面波を複数の導波路中を伝搬させ、この導波路からコンボリューション出力に対応する第3の弾性表面波を発生させる、所謂分割導波路型の弾性表面波素子にも適用が可能である。このような弾性表面波素子は、圧電性基板と、該基板の第1の面に形成され、各々第1及び第2の弾性表面波を励振する第1及び第2の入力電極と、前記基板の第1の面に形成され、前記第1及び第2の弾性表面波を互いに反対向きに伝搬させて、これらの弾性表面波の相互作用によって生じた第3の表面弾性波を励振する複数の導波路とから成り、前記第1の面に対向する基板の第2の面の少なくとも一部を、第1の面に対して所定方向に沿って傾斜した面とし、前記導波路が形成された領域の所定方向の長さを L 、第1及び第2の弾性表面波の相互作用によって発生するバルク波の波長を λ_B 、第1の面に対する第2の面の傾斜角を θ としたときに、条件式 $L \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta$ を満足するように構成される。

【0023】本発明の弾性表面波素子において、基板の第2の面の傾斜は、第1及び第2の弾性表面波の伝搬方向に平行な方向に沿って傾斜していても良いし、第1及び第2の弾性表面波の伝搬方向と直交する方向に沿って傾斜していても良い。また、本発明において、基板の第2の面を、互いに反対の傾斜を持った2つの面から構成しても良い。

【0024】本発明の弾性表面波素子によれば、出力電極または導波路で発生し、基板の裏面(第2の面)で反

射されたバルク波の内、離れた位置の波が互いに打ち消し合うような位相差をもって基板表面（第1の面）に到達するので、バルク波による信号が大きく減衰し、コンボリューション出力信号にほとんど影響しない。

【0025】

【実施例】図1は、本発明の弾性表面波素子の第1実施例を示す概略斜視図である。また、図2は図1の素子の線分A-A'に沿った略断面図である。

【0026】図1及び図2において、符号1は、Yカット（Z伝搬）ニオブ酸リチウムなどから成る圧電性基板を示す。また、符号2及び3は、それぞれ基板1の第1の面1-1上に形成された第1及び第2の楕円入力電極を示す。符号4は、第1の面1-1上の入力電極2及び3の間に設けられた出力電極を示す。入力電極2、3及び出力電極4は通常、アルミニウムなどの導電性材料を用いて、フォトリソグラフィによるパターニングによって形成される。

【0027】本実施例の素子において、基板裏面、即ち入力電極などが形成された基板1の第1の面1-1に対向する第2の面1-2は、第1の面1-1に対して入力電極から励振される弾性表面波の伝搬方向（図ではx軸に平行な方向）に沿って傾斜している。この傾斜角を θ とし、出力電極のx軸方向の長さをL、第1及び第2の弾性表面波の相互作用によって発生するバルク波の波長を λ_B とすると、以下の(3)式の条件を満足している。

【0028】 $L \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta \dots (3)$

更に具体的な構成例としては、例えば、出力電極の長さ $L=60\text{mm}$ 、バルク波の波長 $\lambda_B=20\mu\text{m}$ 、基板の第2の面1-2の傾斜角 $\theta=0.028^\circ$ とすれば良い。

【0029】このような弾性表面波素子において、第1の入力電極2に搬送角周波数 ω の第1の信号を入力すると、この電極2から第1の入力信号に対応した第1の弾性表面波が発生し、x軸の正方向に伝搬する。一方、第2の入力電極3に搬送角周波数 ω の第2の信号を入力すると、この電極3から第2の入力信号に対応した第2の弾性表面波が発生し、x軸の負方向に伝搬する。これら互いに反対方向に伝搬する第1及び第2の弾性表面波は、出力電極4が設けられた領域において相互作用を起こす。そして、基板1の物理的非線形効果によって、出力電極から第1及び第2の入力信号のコンボリューション信号に対応する、搬送角周波数 2ω の電気信号が取り出される。

【0030】上記のように電極4から信号を取り出しているとき、同時に弾性表面波の相互作用領域において、搬送角周波数 2ω のバルク波7が生じ、第1の面1-1と垂直方向に伝搬する。図2における破線は、バルク波の同位相の波面を示し、その波長は λ_B である。このバルク波7は、基板1の第2の面1-2で反射され、出力

電極に入射する。このとき、第2の面1-2は第1の面1-1に対して θ の角度を有しているため、バルク波7は第1の面の法線に対して 2θ の角度で反射される。

【0031】ここで、このような反射バルク波7による信号出力は、出力電極の長さLに対して図3のような関係を有している。図3において、横軸は $L \sin 2\theta$ 、縦軸は出力電極のコンボリューション信号に混入する、バルク波の信号出力を示す。図3からわかるようにバルク波による信号は、 $L \sin 2\theta$ がバルク波の波長 λ_B の整数倍に等しいときに出力が0となり、しかも、出力電極の長さが長くなるにつれて出力は漸減する。そして、 $L \sin 2\theta \geq 3\lambda_B$ 、つまり出力電極の長さLが(3)式の条件を満足するとすると、バルク波による信号はほとんど出力されなくなる。このように本発明の弾性表面波素子は、基板裏面の角度と出力電極の長さが所定の関係を満たすように形成したので、バルク波の影響を取り除き、高いSN比でコンボリューション信号を取り出すことができるものである。

【0032】前出の出力電極の長さ L とバルク波による信号との関係は、以下のように説明される。すなわち、図4のように本発明の素子では、基板1の裏面で反射されたバルク波9は、波面と基板表面とが 2θ の角度をなすように出力電極4に入射する。このとき、電極4の中央のb点に入射するバルク波と、c点に入射するバルク波との伝搬路の長さの差は、 $(L/2) \sin 2\theta$ である。 $L \sin 2\theta$ がバルク波の波長 λ_B と等しい、すなわち $L \sin 2\theta = \lambda_B$ とすると、上記伝搬路の長さの差は $\lambda_B/2$ となる。このため、b点に入射するバルク波によって電極4から出力される信号と、c点に入射するバルク波による信号とは、 $1/2$ 波長の位相差を有し、互いに打ち消し合う。同様にしてb点からc点の間に入射するバルク波による信号も、a点からb点の間に入射するバルク波による信号と相殺され、電極4の全体でバルク波による信号出力は0となる。 $L \sin 2\theta$ が λ_B の整数倍となるとともに同様に、バルク波による出力は0となる。本発明はこのように、出力電極あるいは後述する導波路に入射するバルク波が互いにほとんど打ち消し合い、コンボリューション信号に影響を与えないように構成したものである。

【0033】図5は、本発明の弾性表面波素子の第2実施例を示す概略斜視図である。また、図6は図5の素子の線分B-B'に沿った略断面図である。図5及び図6において、図1及び図2と同一の部材には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0034】本実施例は、圧電性基板5が、入力電極から励振される弾性表面波の伝搬方向と直交する方向（y軸に平行な方向）に沿って傾斜している点のみ、第1実施例と異なる。

【0035】本実施例の素子において、基板裏面、即ち入力電極などが形成された基板5の第1の面5-1に対

向する第2の面5-2は、第1の面5-1に対して θ の角度でy軸方向に沿って傾斜している。出力電極4が形成された領域の内、y軸方向に沿った出力電極4の長さ（本実施例では出力電極の幅に対応する）をWとすると、本実施例の素子では、以下の(4)式の条件を満足している。

$$【0036】 W \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta \quad \dots (4)$$

このような弾性表面波素子において、第1及び第2の入力電極2, 3に搬送角周波数 ω の第1及び第2の信号をそれぞれ入力すると、これらの電極から第1及び第2の弾性表面波が励振される。これらの弾性表面波は、出力電極4が設けられた領域において相互作用を起こし、第1実施例と同様に電極4からコンボリューション出力信号が取り出される。

【0037】上記のように電極4から信号を取り出しているとき、同時に弾性表面波の相互作用領域において、搬送角周波数 2ω のバルク波8が生じ、第1の面5-1と垂直方向に伝搬する。このバルク波8は、基板5の第2の面5-2で 2θ の角度で反射され、出力電極4に戻る。ここで、(4)式の関係から第1実施例と同様に、出力電極4に入射するバルク波のほとんどは互いに打ち消し合い、コンボリューション信号にほとんど影響を与えない。更に、弾性表面波素子においては通常、出力電極の幅Wが長さLよりも短いので、本実施例は第1実施例に比して、上記の条件を満足する角度 θ をとった場合にも、基板の厚さがそれほど厚くならないという利点を有している。

【0038】図7は、本発明の弾性表面波素子の第3実施例を示す概略斜視図である。また、図8は図7の素子の線分C-C'に沿った略断面図である。図7及び図8において、図1及び図2と同一の部材には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0039】本実施例は、圧電性基板6が、入力電極から励振される弾性表面波の伝搬方向（x軸に平行な方向）に沿って、ほぼ中央のf点から離れるにしたがって厚さが厚くなる逆テーパ状に形成されている点のみ、第1実施例と異なる。

【0040】本実施例の素子において、基板裏面、即ち入力電極などが形成された基板6の第1の面6-1に対向する第2の面は、互いに反対の傾斜をもった2つの傾斜面6-2及び6-3から構成されている。これらの傾斜面6-2及び6-3は、第1の面6-1に対してそれぞれ θ_1 及び θ_2 の角度を有している。f点からx軸の正方向に沿った出力電極の長さを L_1 、f点からx軸の負方向に沿った出力電極の長さを L_2 とすると、本実施例の素子では、以下の(5)及び(6)式の条件を満足している。

【0041】

$$L_1 \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta_1 \quad \dots (5)$$

$$L_2 \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta_2 \quad \dots (6)$$

このような弾性表面波素子において、第1及び第2の入力電極2, 3に搬送角周波数 ω の第1及び第2の信号をそれぞれ入力すると、これらの電極から第1及び第2の弾性表面波が励振される。これらの弾性表面波は、出力電極4が設けられた領域において相互作用を起こし、第1実施例と同様に電極4からコンボリューション出力信号が取り出される。

【0042】上記のように電極4から信号を取り出しているとき、同時に弾性表面波の相互作用領域において、搬送角周波数 2ω のバルク波8が生じ、第1の面6-1と垂直方向に伝搬する。このバルク波の内、f点よりx軸の正方向の側で発生したバルク波は、傾斜面6-2で $2\theta_1$ の角度で反射され、出力電極4に戻る。ここで、

(5)式の関係から、出力電極4に入射するバルク波のほとんどは互いに打ち消し合う。同様に、f点よりx軸の負方向の側で発生したバルク波は、傾斜面6-3で $2\theta_2$ の角度で反射され、出力電極4に戻る。(6)式の関係から、このバルク波のほとんどは互いに打ち消し合う。したがって、本実施例も、第1実施例と同様に高いSN比でコンボリューション出力信号を取り出すことができる。更に、本実施例では、出力電極の長さが同一であるとしても、(5), (6)式の条件を満たす傾斜角を第1実施例の場合の半分にできるため、基板の厚さを薄くできる効果を有する。

【0043】なお、上記第3実施例では、出力電極のほぼ中央(f点)に屈曲部を設けたが、(5), (6)式を満足すれば、中央からずれた位置に屈曲部を設けても良い。また、2つの傾斜面の第1の面に対する角度 θ_1 及び θ_2 は、同一であっても、互いに異なっても構わない。

【0044】以上説明した第1～第3実施例は、入力電極の間に出力電極を設けたものであったが、電極の間に複数の導波路を設けることによって、コンボリューション信号の出力効率を更に向上させた弾性表面波素子が、「中川他、電子通信学会論文誌'86/2, Vol. j69-C, No.2, p190～198」などで提案されている。本発明は、このような所謂分割導波路型の素子にも適用が可能である。以下に本発明の分割導波路型の実施例を示す。

【0045】図9は、本発明の弾性表面波素子の第4実施例を示す概略斜視図である。また、図10は図9の素子の線分E-E'に沿った略断面図である。

【0046】図9及び図10において、符号21は、128°回転Yカット(X伝搬)ニオブ酸リチウムなどから成る圧電性基板を示す。また、符号22及び23は、それぞれ基板21の第1の面21-1上に形成された第1及び第2の楕円入力電極を示す。符号24-1, 24-2, 24-3, ..., 24-nは、第1の面21-1上への入力電極22及び23の間に互いに平行に配列された複数の弾性表面波導波路を示す。これらの導波路は、各々の長手方向が、入力電極から励振される弾性表面波の

伝搬方向（ x 軸に平行な方向）に一致している。また、これらの導波路の配列ピッチ（導波路の幅方向の中心間の距離）は、これらの導波路より発生する弾性表面波の波長と等しくなるように形成されている。これらの導波路から y 軸方向に適宜距離離れた位置には、楕形出力電極25が形成されている。

【0047】入力電極22、23及び出力電極25は通常、アルミニウム、銀、金などの導電性材料を用いて、フォトリソグラフィによるパターンニングによって形成される。導波路24-1、24-2、24-3、…、24-nに関しては、柴山乾夫監修「弾性表面波工学」電子通信学会、82～102頁に詳しく述べられており、薄膜導波路やトポグラフィック導波路などの種類がある。本発明においては、基板表面をアルミニウム、銀、金等の導電体で被覆した $\Delta v/v$ 導波路が用いられるのが好ましい。

【0048】本実施例の素子において、基板裏面、即ち入力電極などが形成された基板21の第1の面21-1に対向する第2の面21-2は、第1の面21-1に対して入力電極から励振される弾性表面波の伝搬方向（図では x 軸に平行な方向）に沿って傾斜している。この傾斜角を θ とし、導波路24-1～24-nが形成された領域28の x 軸方向に沿った長さ（本実施例では導波路の長手方向の長さに一致する）を L とすると、本実施例の素子では、以下の（7）式の条件を満足している。

$$【0049】 L \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta \quad \dots (7)$$

更に具体的な構成例としては、例えば、出力電極の長さ $L=60\text{mm}$ 、バルク波の波長 $\lambda_B=20\mu\text{m}$ 、基板の第2の面1-2の傾斜角 $\theta=0.028^\circ$ とすれば良い。

【0050】このような弾性表面波素子において、第1の入力電極22に搬送角周波数 ω の第1の信号を入力すると、この電極22から入力信号に対応した第1の弾性表面波が発生し、各導波路24-1～24-n中を x 軸の正方向に伝搬する。一方、第2の入力電極23に搬送角周波数 ω の第2の信号を入力すると、この電極23から第2の入力信号に対応した第2の弾性表面波が発生し、各導波路24-1～24-n中を x 軸の負方向に伝搬する。これら互いに反対方向に伝搬する第1及び第2の弾性表面波は、導波路24-1～24-nにおいて基板21の物理的非線形効果によるパラメトリック・ミキシング現象により、 y 方向に伝搬する搬送角周波数 2ω の第3の弾性表面波を励振する。この第3の弾性表面波は、出力電極25で電気信号に変換され、出力電極から第1及び第2の入力信号のコンボリューション信号として出力される。

【0051】上記のように出力電極25から信号を取り出しているとき、同時に導波路が設けられた領域において、搬送角周波数 2ω のバルク波8が生じ、第1の面21-1と垂直方向に伝搬する。このバルク波8は、基板

1の第2の面21-2で反射され、再び導波路が形成された領域28に戻る。このとき、第2の面21-2は第1の面21-1に対して θ の角度を有しているため、バルク波8は第1の面の法線に対して 2θ の角度で反射される。ここで、（7）式の関係から、導波路が形成された領域28に入射するバルク波のほとんどは互いに打ち消し合い、コンボリューション信号にほとんど影響を与えない。したがって、本実施例においても第1実施例と同様に、高いSN比でコンボリューション出力信号を取り出すことができる。

【0052】図11は、本発明の弾性表面波素子の第5実施例を示す概略斜視図である。また、図12は図11の素子の線分F-F'に沿った略断面図である。図11及び図12において、図9及び図10と同一の部材には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0053】本実施例は、圧電性基板25が、入力電極から励振される弾性表面波の伝搬方向と直交する方向（ y 軸に平行な方向）に沿って傾斜している点のみ、第4実施例と異なる。

【0054】本実施例の素子において、基板裏面、即ち入力電極などが形成された基板26の第1の面26-1に対向する第2の面26-2は、第1の面26-1に対して θ の角度で y 軸方向に沿って傾斜している。導波路が形成された領域27の y 軸方向に沿った長さを W とすると、本実施例の素子では、以下の（10）式の条件を満足している。

$$【0055】 W \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta \quad \dots (10)$$

このような弾性表面波素子において、第1及び第2の入力電極22、23に搬送角周波数 ω の第1及び第2の信号をそれぞれ入力すると、これらの電極から第1及び第2の弾性表面波が励振される。これらの弾性表面波は、導波路24-1～24-nにおいて相互作用を起こし第3の弾性表面波を発生させる。そして、この第3の弾性表面波を出力電極25で受信することによって、第4実施例と同様にコンボリューション出力信号が取り出される。

【0056】上記のように出力電極25から信号を取り出しているとき、同時に弾性表面波の相互作用領域において、搬送角周波数 2ω のバルク波8が生じ、第1の面21-1と垂直方向に伝搬する。このバルク波8は、基板5の第2の面21-2で 2θ の角度で反射され、導波路が形成された領域27に戻る。ここで、（10）式の関係から第4実施例と同様に、領域27に入射するバルク波のほとんどは互いに打ち消し合い、コンボリューション信号にほとんど影響を与えない。したがって、本実施例も第4実施例と同様に高いSN比でコンボリューション出力信号を取り出すことができる。更に、弾性表面波素子においては通常、導波路が形成された領域の幅 W が導波路の長さ L よりも短いので、本実施例は第4実施例に比して、上記の条件を満足する角度 θ をとった場合

にも、基板の厚さがそれほど厚くならないという利点を有している。

【0057】図13は、本発明の弾性表面波素子の第6実施例を示す概略斜視図である。また、図14は図13の素子の線分G-G'に沿った略断面図である。図13及び図14において、図9及び図10と同一の部材には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0058】本実施例は、圧電性基板29が、入力電極から励振される弾性表面波の伝搬方向(x軸に平行な方向)に沿って、ほぼ中央のr点から離れるにしたがって厚さが厚くなる逆テーパ状に形成されている点のみ、第5実施例と異なる。

【0059】本実施例の素子において、基板裏面、即ち入力電極などが形成された基板29の第1の面29-1に対向する第2の面は、互いに反対の傾斜をもった2つの傾斜面29-2及び29-3から構成されている。これらの傾斜面29-2及び29-3は、第1の面29-1に対してそれぞれ θ_1 及び θ_2 の角度を有している。r点からx軸の正方向に沿った領域28の長さ(導波路の長さ)を L_1 、r点からx軸の負方向に沿った領域28の長さを L_2 とすると、本実施例の素子では、以下の(11)及び(12)式の条件を満足している。

【0060】

$$L_1 \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta_1 \quad \dots (11)$$

$$L_2 \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta_2 \quad \dots (12)$$

このような弾性表面波素子において、第1及び第2の入力電極22, 23に搬送角周波数 ω の第1及び第2の信号をそれぞれ入力すると、これらの電極から第1及び第2の弾性表面波が励振される。これらの弾性表面波は、導波路24-1~24-nを互いに反対方向に伝搬し、第3の弾性表面波を発生する。そして、この第3の弾性表面波を出力電極25で受信することによって、第4実施例と同様にコンボリューション出力信号が取り出される。

【0061】上記のようにコンボリューション出力信号を取り出しているとき、同時に導波路が形成された領域28において、搬送角周波数 2ω のバルク波8が生じ、第1の面29-1と垂直方向に伝搬する。このバルク波の内、r点よりx軸の正方向の側で発生したバルク波は、傾斜面29-2で $2\theta_1$ の角度で反射され、再び領域28に戻る。ここで、(11)式の関係から、導波路が形成された領域28に入射するバルク波のほとんどは互いに打ち消し合う。同様に、r点よりx軸の負方向の側で発生したバルク波は、傾斜面29-3で $2\theta_2$ の角度で反射され、領域28に戻る。(12)式の関係から、このバルク波のほとんどは互いに打ち消し合う。したがって、本実施例も、第4実施例と同様に高いSN比でコンボリューション出力信号を取り出すことができる。更に、本実施例では、出力電極の長さが同一であるとしても、(11)、(12)式の条件を満たす傾斜角を第4

実施例の場合の半分にできるため、基板の厚さを薄くできる効果を有する。

【0062】なお、上記第6実施例では、出力電極の長手方向のほぼ中央(r点)に屈曲部を設けたが、(11)、(12)式を満足すれば、中央からずれた位置に屈曲部を設けても良い。また、2つの傾斜面の第1の面に対する角度 θ_1 及び θ_2 は、同一であっても、互いに異なっても構わない。

【0063】以上説明した第1~第6実施例において、基板の第2の面は全面、第1の面に対して傾斜したものとしたが、第1の面の出力電極または導波路が形成された領域に対向する第2の面の一部のみを傾斜面とし、第2の面の他の部分は第1の面と平行に形成しても良い。このような構成とすると、第1~第6実施例よりも基板の厚さを薄くすることができ、また、基板の保持が容易になるため、基板上に電極等を作成する過程において基板が扱い易く、素子を通信システムの装置内に取りつけるのも簡単になる。

【0064】なお、図1~図14に記載されている座標軸は、便宜上付記したものであり、基板の結晶軸等を意味するものではない。

【0065】図15は、以上説明したような弾性表面波素子をコンボルバとして用いた通信システムの一例を示すブロック図である。図15において、符号125は送信機を示す。この送信機は、送信すべき信号をスペクトラム拡散して、アンテナ126より送信する。送信された信号は、受信機124のアンテナ120で受信され、受信信号101は周波数変換回路102に入力される。周波数変換回路102で弾性表面波コンボルバの入力周波数に合う周波数に変換されたIF信号103は、図1~図14に示したような本発明の弾性表面波素子から成るコンボルバ104に入力される。ここで、IF信号103は、コンボルバの一方の入力励振電極、例えば図1の電極2に入力される。

【0066】一方、参照信号発生回路105から出力される参照信号106は、弾性表面波コンボルバ104の他方の入力励振電極、例えば図1の電極3に入力される。そして、コンボルバ104では、先に説明したようにIF信号103と参照信号106とのコンボリューション演算(相関演算)が行われ、出力トランスデューサ、例えば図1の出力電極4より、出力信号(コンボリューション信号)109が出力される。

【0067】この出力信号109は、同期回路108に入力される。同期回路108では、弾性表面波コンボルバ104の出力信号109より同期信号111および112が作られてそれぞれ参照信号発生回路105および逆拡散回路107に入力される。参照信号発生回路105では、同期信号111を用いて参照信号106をそのタイミングを調整して出力する。逆拡散回路107では同期信号112を用いてIF信号103をスペクトラム

拡散される前の信号に戻す。この信号は復調回路110にて情報信号に変換されて出力される。図16に逆拡散回路107の構成例を示す。図16において、121は符号発生器、123は乗算器である。符号発生器121には、同期回路108から出力される同期信号112が入力され、この同期信号112によってタイミングを調節された符号122が出力される。乗算器123にはIF信号103と符号122が入力され、IF信号103と符号122との乗算結果が出力される。この時、IF信号103と符号122とのタイミングが合っていれば、IF信号103はスペクトラム拡散される前の信号に変換されて出力される。

【0068】尚、受信信号101の周波数が弾性表面波コンボルバ104の入力周波数に合っている場合には、周波数変換回路102は不要であり、受信信号101を増幅器およびフィルタを通して直接、弾性表面波コンボルバ104に入力して良い。また図19では説明をわかりやすくするために増幅器やフィルタを省略して記したが、必要に応じて各ブロックの前段あるいは後段に増幅器やフィルタを挿入しても良い。更に、本実施例では受信信号をアンテナ120にて受信しているが、アンテナ120を用いずに送信機と受信機とをケーブルなどの有線系で直接接続しても良い。

【0069】図17は、図15の通信システムにおける受信機124の第1の変形例を示すブロック図である。図17において、図15と同一の部材には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0070】本例は、同期追従回路113が設けられ、IF信号103が同期追従回路113にも入力されている。また、同期回路108から出力される同期信号112は同期追従回路113に入力され、同期追従回路113から出力される同期信号114が逆拡散回路107に

$$f(t) \exp(j\theta) g(\tau - t) dt = \exp(j\theta) f(t) g(\tau - t) dt \dots (13)$$

となり、位相変調の情報が現われる。したがって、弾性表面波素子104の出力109を適切な検波回路115に通すことにより復調することができる。

【0076】図19は、図15の通信システムにおける受信機124の第3の変形例を示すブロック図である。図19において、図18と同一の部材には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0077】本例では、同期回路108が設けられ、弾性表面波コンボルバ104の出力109が同期回路108にも入力されている。また、同期回路108から同期信号111が出力されて参照信号発生回路105に入力されている。これらの点で図22の例と異なる。

【0078】本実施例においても、図18の例と同様の作用効果が得られるが、本実施例では同期回路108を設け、同期回路108から出力される同期信号111によって参照信号発生回路105を制御しているので、同

入力されている。これらの点で図15の例と異なる。同期追従回路としては、タウ・ディザループ回路や遅延ロックループ回路などがあるが、そのいずれを用いても良い。

【0071】本実施例においても図15の例と同様の作用効果が得られるが、更に本実施例では同期回路108にて大まかな同期を取った後に、同期追従回路113により更に精度良く同期を取り、同期追従を行うので、同期はずれが起りにくくなり、誤り率を下げることができる。

【0072】図18は、図15の通信システムにおける受信機124の第2の変形例を示すブロック図である。図18において、図15と同一の部材には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0073】本例では、弾性表面波コンボルバ104からの出力を検波回路115に入力し、検波回路115の出力により復調を行っている。検波回路115としては、同期検波回路や遅延検波回路、包絡線検波回路があり、信号の変調方式などにより使い分けることができる。

【0074】今、受信信号101が位相変調、周波数変調、振幅変調などのある変調がなされた信号とすると、弾性表面波コンボルバ104からの出力109には、それらの変調情報が反映されている。特に、弾性表面波コンボルバ104の導波路の長さdが、受信信号101のデータ1ビット当たりの時間T、弾性表面波速度をvとして、 $d = vT$ を満たすならば、出力109に変調情報がそのまま現われる。例えば、位相変調された信号 $f(t) \exp(j\theta)$ が送信され、この信号を受信信号101として受信したとする。

【0075】この際、参照信号 $g(t)$ 106を弾性表面波素子104に入力すると、その出力109は

期を安定に取ることができる。

【0079】本発明は、以上説明した実施例の他にも種々の応用が可能である。

【0080】例えば、上記第1～第6実施例における楕円入力電極2、3をダブル電極（スプリット電極）とすることにより、これらの入力電極2、3における弾性表面波の反射を抑圧でき、素子の特性をより一層良好なものにすることができる。

【0081】さらに、本発明において、基板はニオブ酸リチウム等の圧電体単結晶に限定されるものではなく、例えば半導体やガラス基板上に圧電膜を付加した構造等、パラメトリック・ミキシング効果がある材料及び構造であればよい。

【0082】また、上記第1、第2実施例では、入力電極にて励振される弾性表面波をそのまま出力電極に導いているが、該入力電極と該出力電極との間にホーン型導

波路やマルテストリップカブラ等のビーム幅圧縮器を設けてもよい。

【0083】また、上記第3～第6実施例において、出力電極は弾性表面波導波路の片側のみに形成した構成を示したが、導波路の両側に形成し、2つの出力電極からの出力を合成することで2倍のコンボリューション出力を得ることができる。

【0084】

【発明の効果】以上説明したように本発明の弾性表面波素子は、基板の弾性表面波が伝搬される第1の面に対向する第2の面の少なくとも一部を角度 θ で所定方向に傾斜した面とし、バルク波の波長を λ_B 、所定方向に沿った出力電極または導波路が形成された領域の長さを L としたときに、条件式 $L \geq 3\lambda_B / \sin 2\theta$ を満足するように構成したので、出力電極または導波路の異なる位置に入射するバルク波による信号が互いに打ち消し合い、高いSN比で出力信号を取り出せる効果が得られた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の弾性表面波素子の第1実施例を示す概略斜視図である。

【図2】図1の素子の線分A-A'に沿った略断面図である。

【図3】出力電極の長ささとバルク波による信号出力との関係を示す図である。

【図4】出力電極の各部に入射するバルク波の伝搬路の長さの差を説明するための略断面図である。

【図5】本発明の弾性表面波素子の第2実施例を示す概略斜視図である。

【図6】図5の素子の線分B-B'に沿った略断面図である。

【図7】本発明の弾性表面波素子の第3実施例を示す概略斜視図である。

【図8】図7の素子の線分C-C'に沿った略断面図で

ある。

【図9】本発明の弾性表面波素子の第4実施例を示す概略斜視図である。

【図10】図9の素子の線分E-E'に沿った略断面図である。

【図11】本発明の弾性表面波素子の第5実施例を示す概略斜視図である。

【図12】図11の素子の線分F-F'に沿った略断面図である。

【図13】本発明の弾性表面波素子の第6実施例を示す概略斜視図である。

【図14】図13の素子の線分G-G'に沿った略断面図である。

【図15】本発明の弾性表面波素子を用いた通信システムの一例を示すブロック図である。

【図16】図15の逆拡散回路の具体的構成例を示すブロック図である。

【図17】図15の受信機の変形例を示すブロック図である。

【図18】図15の受信機の変形例を示すブロック図である。

【図19】図15の受信機の変形例を示すブロック図である。

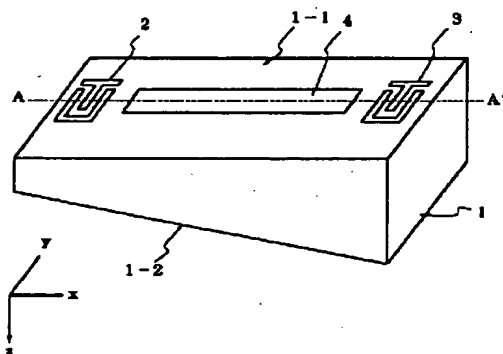
【図20】従来の弾性表面波素子の第1の例を示す概略斜視図である。

【図21】従来の弾性表面波素子の第2の例を示す概略斜視図である。

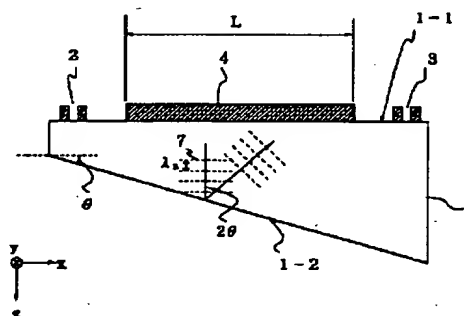
【符号の説明】

- 1 圧電性基板
- 1-1 基板の第1の面
- 1-2 基板の第2の面
- 2 第1の入力電極
- 3 第2の入力電極
- 4 出力電極

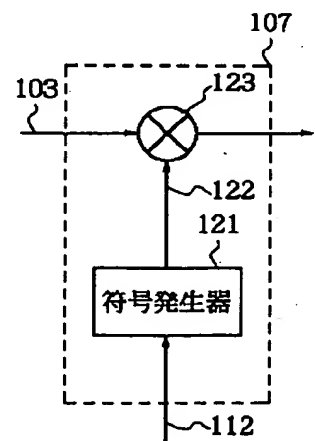
【図1】



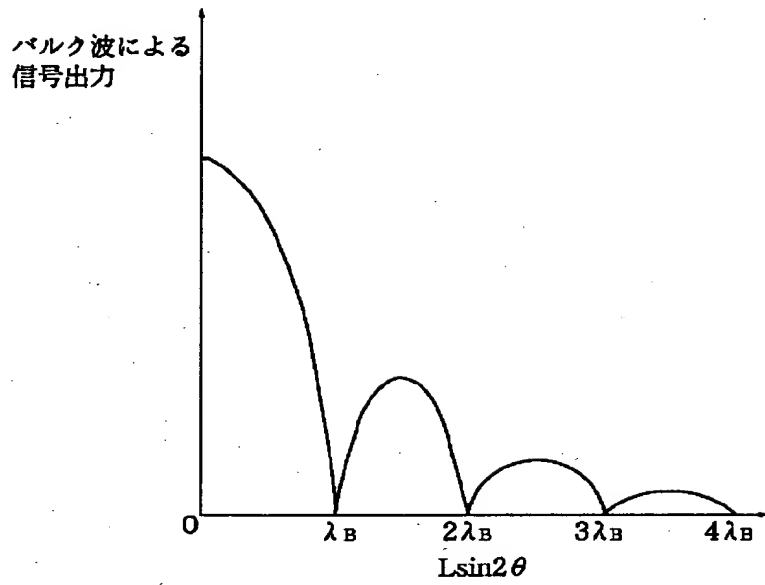
【図2】



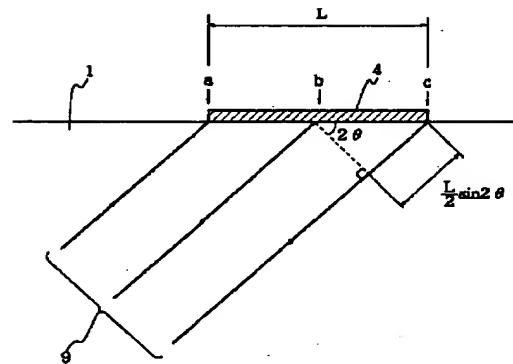
【図16】



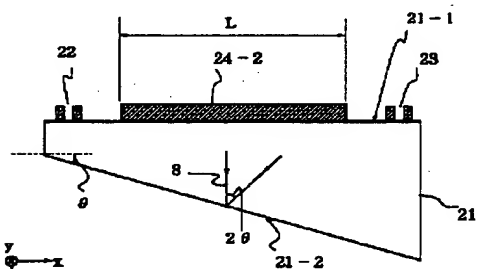
【図3】



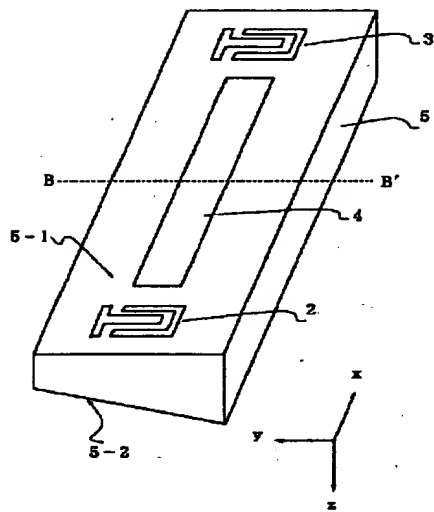
【図4】



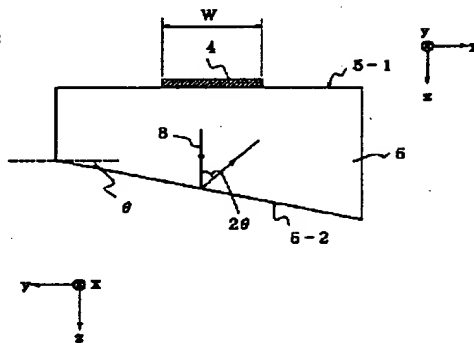
【図10】



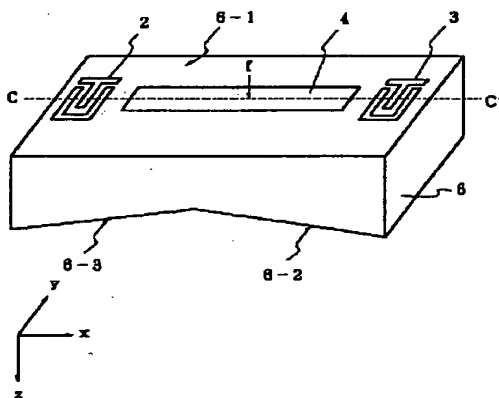
【図5】



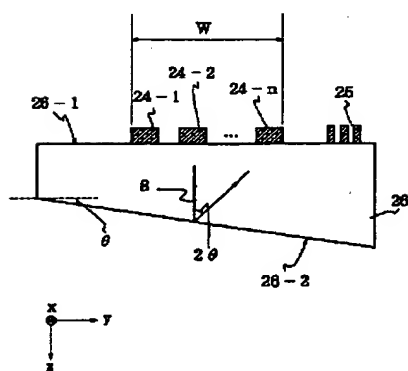
【図6】



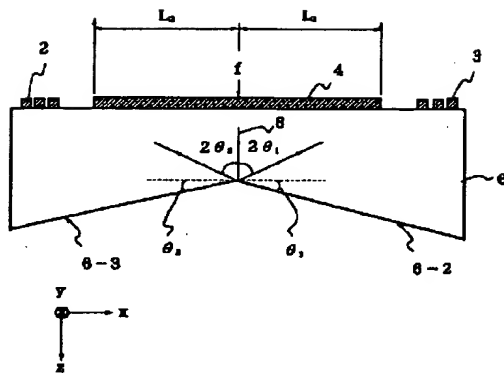
【図7】



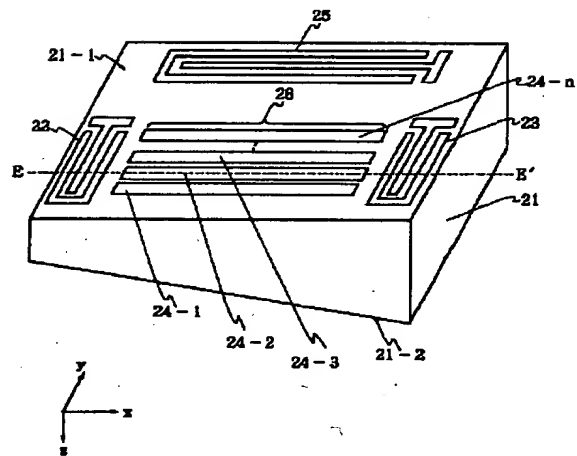
【図12】



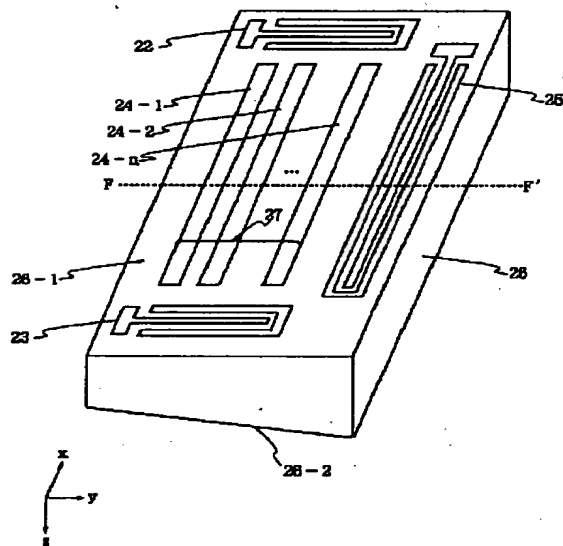
【図8】



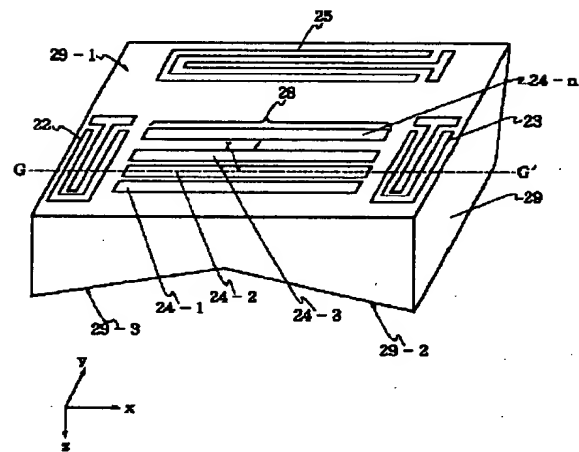
【図9】



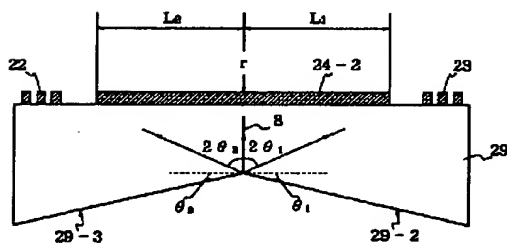
【図11】



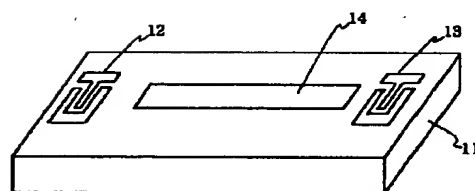
【図13】



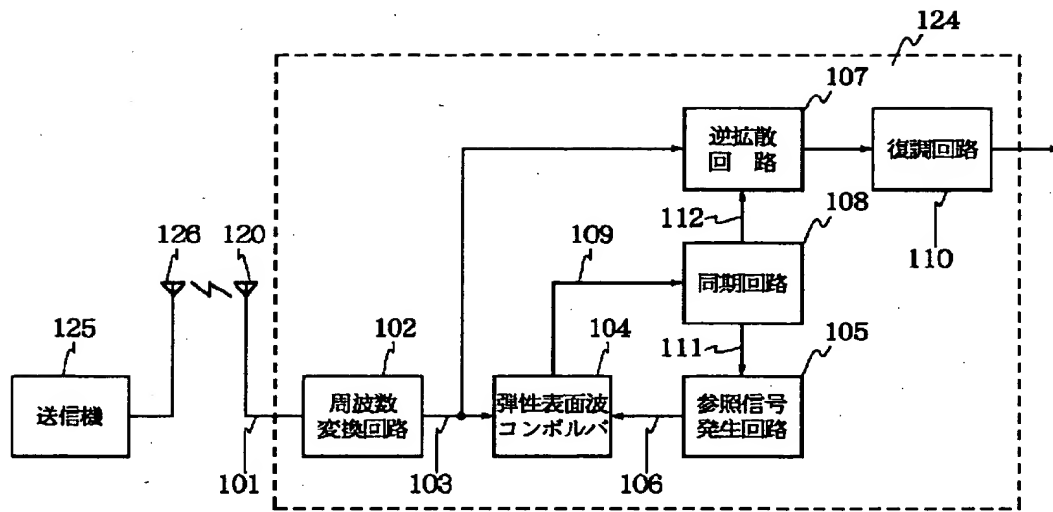
【図14】



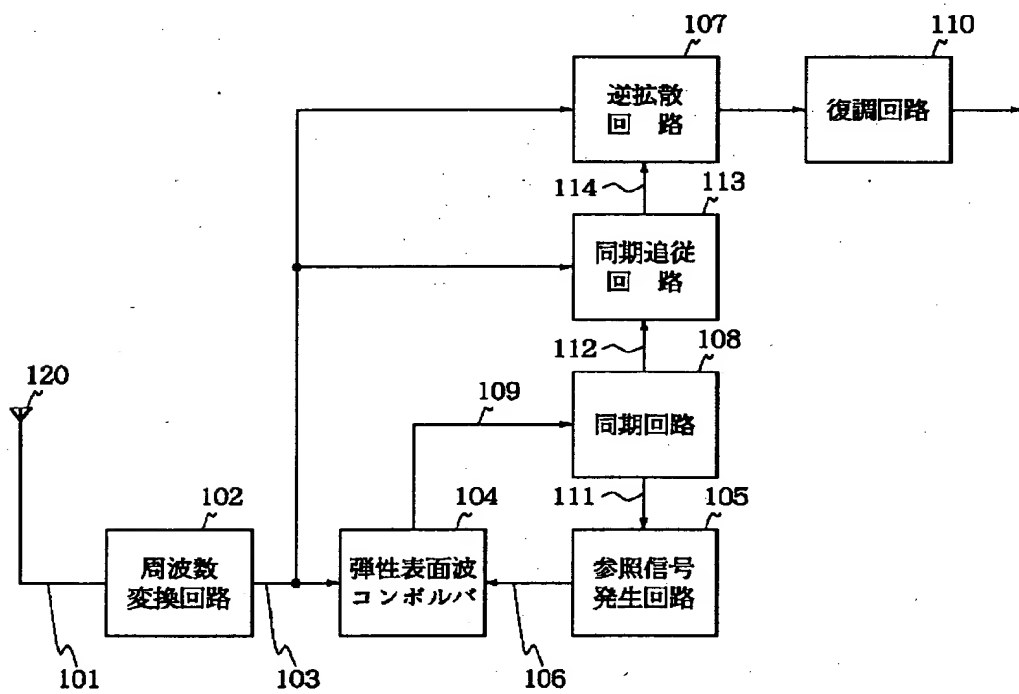
【図20】



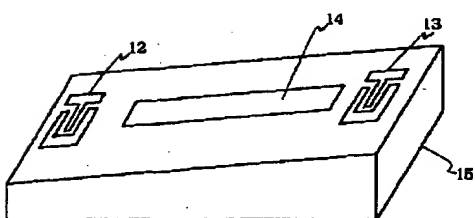
【図15】



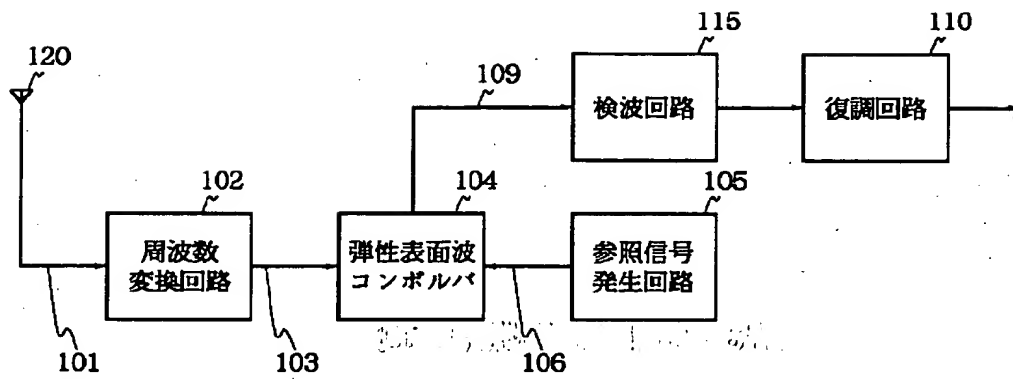
【図17】



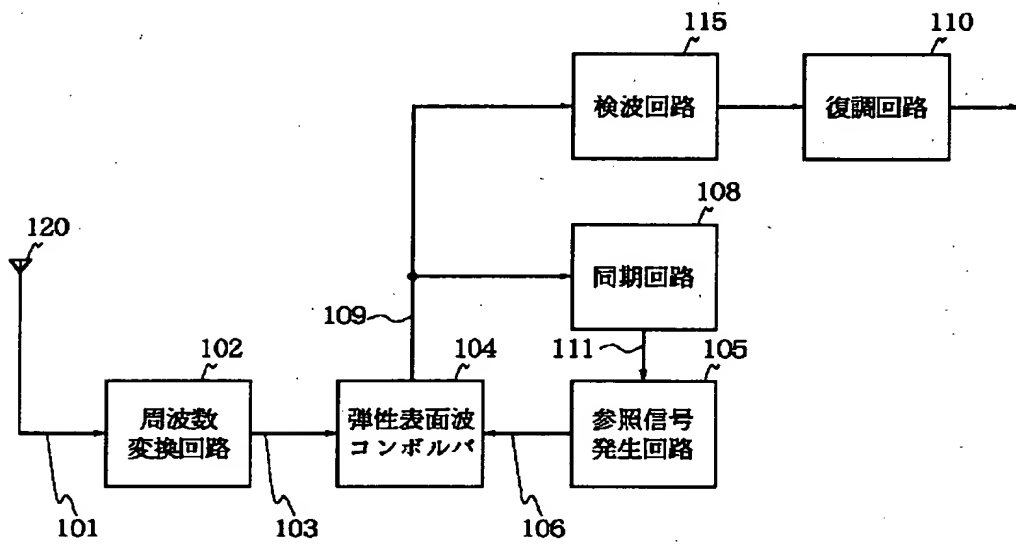
【図21】



【図18】



【図19】



THIS PAGE BLANK (USPTO)